

# Використання інтегральних характеристик світлового поля для оцінки рівномірності освітлення спортивних споруд

*Чубатий Ю.О., ст. викл.*

*Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя  
вул. Руська, 56, м. Тернопіль, Україна*

Розроблено і використано методику оцінювання рівномірності освітлення різних площин освітлювального спортивного об'єкту (міського футбольного стадіону Тернополя) з використанням інтегральних характеристик світлового поля.

При проектуванні освітлювальних установок спортивних споруд, на яких проводяться змагання, що транслюються по телебаченню, основними нормуючими характеристиками в більшості країн Європи та світу (США, Великобританія, Франція, Росія, Україна та ін.) прийнято: горизонтальну освітленість  $E_H$ , яка найбільш просто піддається розрахунку та вимірюванню; вертикальну освітленість  $E_V$ ; освітленість площини, перпендикулярної до осі об'єктиву телекамери, яка визначає яскравість об'єкту передачі при заданому коефіцієнті відбивання та, відповідно, освітленість фотокатодів телевізійних трубок,  $E_\Phi$ . Для більшості спортивних майданчиків остання із згаданих характеристик уточнена з врахуванням найбільш ймовірного розташування телевізійних камер на трибунах (наприклад,  $E_\Phi = 15^\circ$  в рекомендаціях таких країн як США, Німеччина, Великобританія, Голландія, Росія, Україна та ін., а також таких організацій як УЕФА, ФІФА та ін.).

Проте пронормувати всі значення  $E_V$  та  $E_\Phi$  є задачею надто громіздкою, навіть, коли інженер-проектувальник використовує сучасну електронно-обчислювальну техніку.

Використання інтегральних характеристик світлового поля може спростити згадану задачу.

Розглянемо середню інтегральну освітленість бокової поверхні безмежно

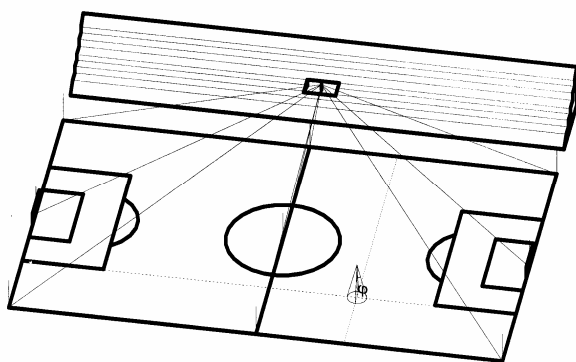


Рис. 1. Загальний вигляд освітлювальної спортивної споруди (на прикладі футбольного стадіону) з можливим розташуванням телекамер та вказаними напрямками орієнтації оптичних осей телекамер.

малого прямокутного конуса, у якого кут між висотою та твірною становить  $\varphi$ , а площа основи конуса паралельна площині освітлювального об'єкту (для стадіонів це буде горизонтальна площина на рівні 1 м над футбольним полем), далі просто конуса. При подальших розрахунках можна буде прийняти  $\varphi = 7 \div 25^\circ$ , тоді найбільш ймовірний напрямок осі об'єктиву телевізійної камери

буде перпендикулярним до твірної конуса, а, відповідно, освітленість бокової поверхні конуса співпадатиме з освітленістю площини перпендикулярної до осі телекамери.

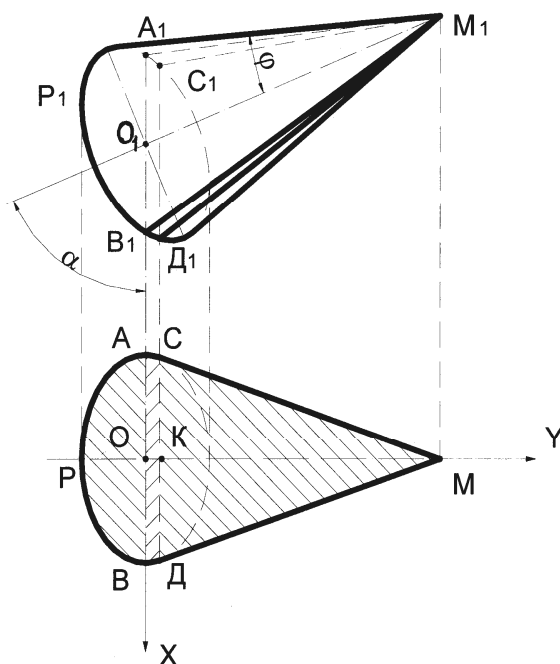


Рис. 2. Загальний вигляд кругового прямокутного конуса та його проекція на площину XOY (площина основи конуса повернута відносно XOY на кут  $\alpha$ ).

Точний вираз (див. рис. 2) для функції цінності випромінювання такої інтегральної характеристики має доволі складний вигляд:

$$f(\alpha) = \frac{\frac{\pi \cos(\alpha)}{2} + \cos(\alpha) \left[ \arcsin\{\operatorname{ctg}(\alpha) \operatorname{tg}(\varphi)\} + \operatorname{ctg}(\alpha) \operatorname{tg}(\varphi) \sqrt{1 - \operatorname{ctg}(\alpha)^2 \operatorname{tg}(\varphi)^2} \right] + \frac{2 \sin(\alpha - \varphi)^{3/2} \sin(\alpha + \varphi)^{3/2}}{\sin(\alpha)^2 \cos(\varphi) \sin(2\varphi)}}{\pi / \sin(\varphi)}$$

Проте, з врахуванням умови, що найважливішу роль відіграє освітленість площини перпендикулярної до осі об'єктиву телекамери, варто розглядати лише випадок  $\varphi + \alpha = 90^\circ$ , що значно спростить вираз для функції цінності випромінювання. Крім того, для конкретного спортивного об'єкту кут  $\varphi$  має точне усереднене значення (наприклад для міського стадіону Тернополя  $\varphi = 12^\circ$ ).

Використання вищезгаданої середньої інтегральної освітленості бокової поверхні конуса, поряд із середньою інтегральною півсферичною освітленістю та освітленістю площини дало можливість добитися коефіцієнтів нерівномірності освітлення площини, перпендикулярної до найімовірнішої лінії поля зору  $E_{\varphi = 12^\circ}$ : K1 (відношення мінімальної до максимальної освітленості) рівним 0,49; K2 (відношення мінімальної до середньої) – 0,66; K3 (відношення середньої до максимальної) – 0,74 при встановленні прожекторів на чотирьохщогловій освітлювальній установці. Значення мінімальної, середньої та максимальної середньої інтегральної освітленості бокової поверхні конуса відповідно  $E_{\varphi = 12^\circ \min} = 740$  лк;  $E_{\varphi = 12^\circ \text{midl}} = 1113$  лк;  $E_{\varphi = 12^\circ \max} = 1487$  лк.

